

마이크로 펄프를 이용한 종이의 물성 개선

김학상 · 김봉용[†]

(2008년 1월 20일 접수: 2008년 2월 20일 채택)

Improvement of Physical Characteristics of Paper with Micro Pulp

Hak Sang Kim and Bong Yong Kim[†]

(Received January 20, 2008: Accepted February 20, 2008)

ABSTRACT

Beating and using chemical agents are common methods to improve physical properties. But the beating is high energy consumption process and chemical agent addition may cause deteriorate waste water quality. Therefore, it is necessary to use more environment-friendly methods. In this study, micro pulp was used in the handsheet making to get improving effects of physical properties without beating treatment and chemicals. Stiffness, thickness and air permeability were increased and strength properties of paper were also improved to some extents by only the micro pulp addition.

Keywords : *micro pulp, strength, stiffness, air permeability*

1. 서론

종이의 물성 개선을 위한 방법으로는 가장 기본적으로 지료의 준비과정에 있어서 목질섬유에 가하는 물리적 처리와 wet-end상에서 종이의 강도 발현을 위한 화학적 처리가 있다. 물리적인 처리로는 대표적으로 고해(beating)를 들 수 있고, 화학적인 처리로는 지력증강제(strength agent)의 첨가가 그것이다. 특히 고해는 목질 섬유에 있어서 유리상고해(free beating)와 점상고해

(wet beating)의 효과를 가져 오기 때문에 섬유의 외부 피브릴의 증대로 섬유간 결합의 향상과 이에 따른 강도 발현과 평활도 및 지합의 개선에 큰 효과를 가져온다. 그러나 고해과정 자체가 종이 제조 공정에 있어서 가장 많은 전기를 소모하는 에너지 다소비 공정이라는 점은 틀림없다.¹⁾ 하지만 고해를 종이 제조 공정에서 배제한다는 것은 불가능한 현실이다. 이에 고해 공정을 최대한 줄이고 마이크로 펄프를 사용함으로써 고해를 줄여도 충분한 종이의 물성 개선 효과를 가져 오게 하는 것이

• 경북대학교 임산공학과 (Department of Wood science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: bykim@knu.ac.kr

본 연구의 궁극적인 목적이라고 할 수 있다. 또한 이를 더욱 발전시키면 섬유분급(fiber fractionation) 단계를 이용한 제지 공정에서의 응용을 기대할 수 있으며 더욱이 마이크로 펄프의 첨가가 약품사용을 줄일 수 있기 때문에 친환경공정(green process)에도 기여할 것으로 기대된다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

수초지 제조용 펄프는 LBKP를 사용하였고 기능성 첨가제인 마이크로 펄프는 상업용 아보셀(Arbocel) 3 종류를 사용하였다. Table 1에 아보셀의 Morfi 분석 결과를 나타내었다.

2.2 아보셀 마이크로 펄프의 탈수도 및 Zeta potential 측정

0.3% 펄프 슬러리에 아보셀 마이크로 펄프를 첨가하여 탈수도를 측정하였고, 또한 아보셀 마이크로 펄프 자체의 Zeta potential을 전기영동에 의한 방법으로 측정하였다.²⁾

2.3 수초지 제조 및 물성 측정

Standard handsheet former를 사용하여 TAPPI 표준 시험법 T 205 om-81에 따라 수초지를 제조하였으며 stiffness 측정을 위한 수초지는 평량 40 g/m²으로 수초하였고 그 외에는 모두 평량 60 g/m²로 수초하였다. 펄프의 고해도는 여수도 530, 420, 250 ml CSF로 달리 하였으며, 수초지 제조 시 아보셀 마이크로 펄프의 첨가

량은 전건펄프 대비 2, 5, 7, 10, 15, 20%로 달리 하였다. 이때 펄프의 고해도는 530 ml CSF로 일정하게 유지하여 실시하였다.

물성 측정은 tensile strength, burst strength, tear strength 그리고 stiffness와 air permeability를 측정하였다. 또한 SEM image를 촬영하여 실질적인 마이크로 펄프와 섬유간의 응집을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 아보셀 마이크로 펄프의 탈수도 및 zeta potential

아보셀 종류에 따른 탈수도를 측정한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. C-750, C-100, AKD C-100/120 순으로 탈수도가 진행되었다. 이는 Table 1에서 보는 바와 같이 Coarseness의 특성을 비교해 보면 C-750의 경우가 가장 높고 C-100과 C-100/120은 비슷한 수치를 나타낼 수 있다. Coarseness가 증가하면 단위 무게당 섬유의 표면적이 적기 때문에 보통 펄프의 탈수도가 증가하는 경향을 나타낸다.³⁾ 또한 C-100의 경우는 섬유의 길이나 폭이 AKD C-100/120과 다소 차이를 보이기 때문에 탈수도의 차이를 나타낸다고 보여진다. Fig. 2의 zeta potential의 경우 C-100, C-750에 있어서는 입자 크기에 따른 약한 전위차를 보이는 반면, AKD C-100/120은 보다 강한 음전하를 나타내고 있다. AKD C-100/120의 강한 음전하도는 아보셀 섬유표면에 부분적으로 비이온성 사이즈제인 AKD의 코팅이 이루어져 아보셀의 유동성을 상승시킨 것으로 생각된다.⁴⁾

Table 1. Properties of Arbocel

Items (unit)	Arbocel C-100	Arbocel AKD C-100/120	Arbocel C-750
Average fiber length (μm)	290	274	265
Average width (μm)	46	34	24
Coarseness (mg/m)	3.2	3.5	9.7
Kinked fibers (%)	4.1	5.0	4.3
Average curl (%)	8.3	6.5	5.6
Rate in macrofibril length (%)	2.6	2.1	1.8
Break end (%)	77.5	64.0	52.3

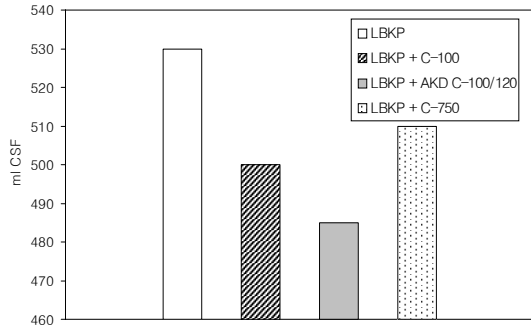


Fig. 1. Drainage of LBKP with Arbocel.

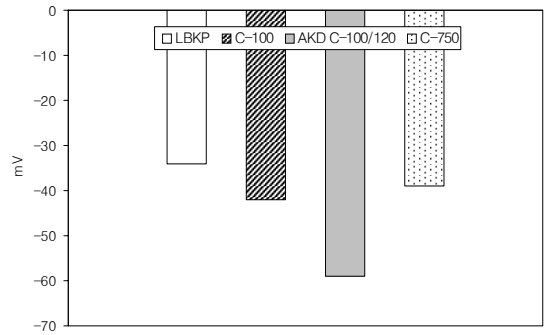


Fig. 2. Zeta potential of LBKP with Arbocel.

3.2 수초지의 물성

Fig. 3은 고해도에 따른 인장강도를 나타내었다. 고해도가 증가함에 따라 강도가 증가하는 것을 볼 수 있다. Fig. 4는 펄프의 고해도를 여수도 530 ml CSF로 일정하게 유지시킨 후 아보셀 첨가량을 달리하여 제조한 수초지의 인장강도를 나타낸 그래프이다. AKD C-100/120과 C-750의 경우 첨가량 7%에서 가장 높은 강도를 나타내었고 C-100의 경우에는 첨가량 5%에서 가장 높은 강도를 나타내었다. 특히, C-750의 경우 첨가량 7%때의 강도가 Fig. 3의 여수도 250 ml CSF때와 비슷한 강도를 보임을 알 수 있다. AKD C-100/120와 C-750의 경우, C-100에 비해 평균적인 길이의 차이로 인한 결과로 생각되고 첨가량이 5-7% 이상일 때는 강도의 감소를 관찰할 수 있다. 그리고 아보셀 첨가량 5% 때의 강도 발현이 Fig. 3의 여수도 530 ml CSF때의 강도보다 상당히 높음을 볼 수 있다. 따라서 아보셀 함량

이 5-7%일때 가장 효과적인 결합강도를 나타냄을 알 수 있다.

Fig. 5와 Fig. 6은 각각 고해도에 따른 파열강도와 아보셀 첨가량에 따른 파열강도를 보여주고 있다. 고해도가 증가함에 따라 섬유간 결합의 증가로 인한 강도의 향상을 보여주고 있다. 또한 아보셀의 첨가량에 따른 강도의 변화를 보면 C-100과 AKD C-100/120의 경우 2%의 첨가량일 때 가장 높은 강도를 보였고, C-750은 5%의 첨가량에서 가장 높은 강도적 특성을 보였다. 파열강도의 경우 섬유 자체의 강도보다는 섬유간 결합의 정도에 따라 좌우되는데 C-750의 경우에서 높은 결합을 관찰할 수 있다. 또한 C-750의 경우, 아보셀의 첨가량 5%때의 강도가 Fig. 5의 여수도 420 ml CSF의 경우와 비슷함을 관찰할 수 있다.

이어서 인열강도를 보면, Fig. 7에서 보는 것과 같이

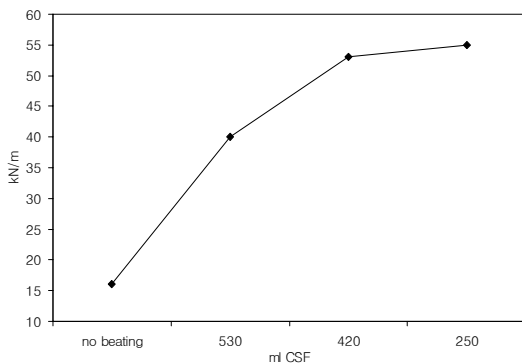


Fig. 3. Tensile strength with change of beating degree.

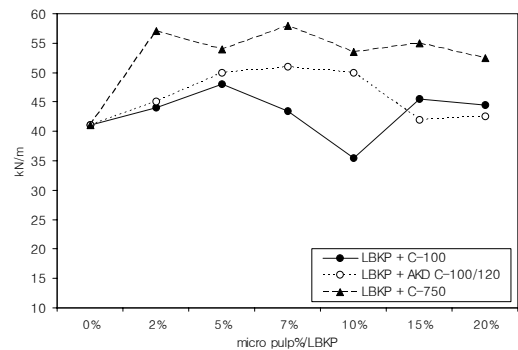


Fig. 4. Tensile strength with change of Arbocel addition %.

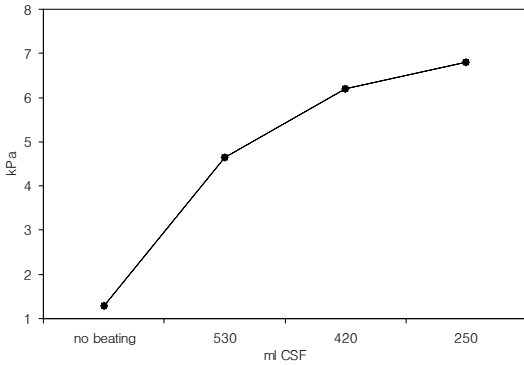


Fig. 5. Burst strength with change of beating degree.

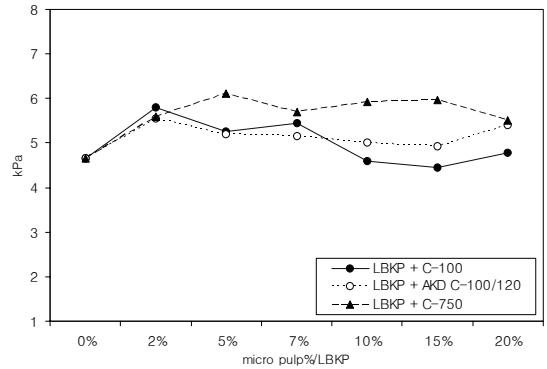


Fig. 6. Burst strength with change of Arbocel addition %.

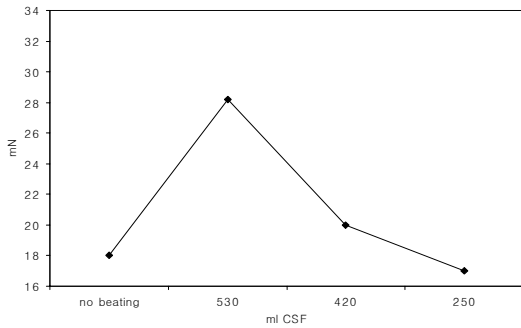


Fig. 7. Tear strength with change of beating degree.

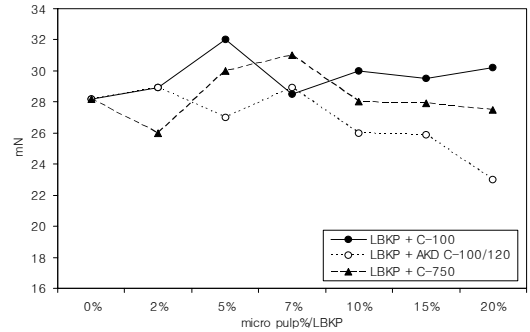


Fig. 8. Tear strength with change of Arbocel addition %.

고해도가 증가한다고 해서 인열강도가 비례해서 증가하는 것은 아님을 볼 수 있다. 이는 섬유장이 길수록, 섬유결합이 적을수록 인열강도가 증가하기 때문이다.⁵⁾ 여수도 530 ml CSF에서 가장 높은 인열강도를 나타낼 수 있다. 또한 Fig. 8에서 보듯이 AKD C-100/120과 C-750의 경우 첨가량 7%때에서 가장 높은 강도를 나타낼 수 있고, C-100의 경우 5%때에서 가장 높은 강도를 보인다. 또한 이때의 강도가 여수도 530 ml CSF때 보다 상당히 높음을 관찰 할 수 있다. 이는 인열강도 발현에 있어서 아보셀이 고해를 하지 않아도 어느 정도 섬유간의 결합을 형성하고 무엇보다 장섬유가 많이 존재함이 큰 원인이라고 생각된다. 또한 아보셀 첨가량이 각각 5%와 7%를 초과할 수록 인열강도가 감소하는 경향을 보이는데 이는 아보셀의 과다 첨가가 섬유간의 섬유간 결합의 감소와 종이의 Z방향에 있어서 밀도와 관련이 깊은 내부결합강도의 감소를 가져 왔기 때

문인데 이는 두께의 상승이 밀도를 낮추어 강도의 저하를 초래한 것으로 판단된다.⁶⁾

Fig. 9는 아보셀의 첨가량에 따른 종이의 stiffness를 나타내고 있다. 대체적으로 첨가량이 증가함에 있어서

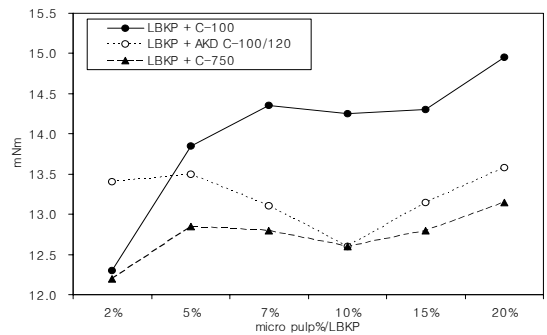


Fig. 9. Stiffness of paper with change of Arbocel addition %.

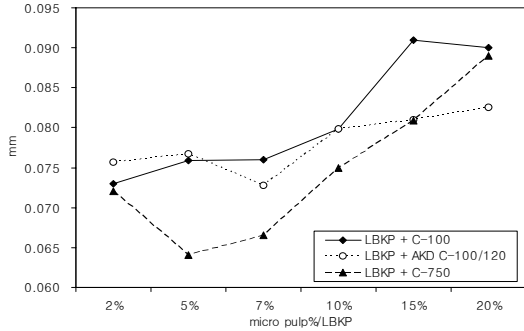


Fig. 10. Thickness of paper with change of Arbocel addition %.

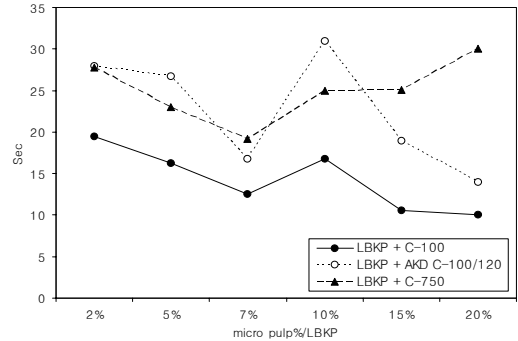


Fig. 11. Air permeability of paper with change of Arbocel addition %.

증가하는 경향을 보이는데 10%때에 다소 감소하는 경향을 나타내었다. Stiffness는 종이의 두께와 섬유간 결합에 많은 영향을 받는데 C-100의 경우 다른 것들에 비하여 강도 향상이 월등함을 관찰할 수 있다. 이는 C-100의 경우 입자의 크기가 상대적으로 크고 사이즈 처리가 되어 있지 않기 때문에 섬유간의 강도 발현에 더욱 효과적임을 나타낸다. 그리고 coarseness는 비교적 작지만 섬유의 길이는 길기 때문에 stiffness 발현에 효과적이라고 할 수 있다.

Fig. 10과 Fig. 11은 아보셀의 첨가량에 따른 두께 변화와 투기도의 변화를 보여주고 있다. 첨가량이 증가함에 따라 두께는 대체적으로 증가함을 관찰할 수 있다.

일반적으로 섬유의 coarseness가 클수록 종이의 지합이 나빠지고 동일한 종이밀도에서 섬유의 coarseness가 클수록 투기도가 커지게 된다. 그러나 투기도에 있어서는 첨가량 7%때에서 급격히 증가함을 관찰할 수 있고 이후에는 다소 상이하게 변함을 관찰할 수 있다. 종이의 두께는 일정한 평량의 종이에 있어서 밀도를 좌우하는 요소이다. Fig. 10에서는 두께가 증가하기 때문에 밀도가 감소함을 알 수 있다. 즉, 종이가 bulky해짐을 의미한다.⁷⁾ 그러나 Fig. 11의 투기도에서는 7%때 밀도의 감소는 크지는 않지만 충분히 요구하는 종이의 투과성을 얻을 수 있음을 관찰할 수 있다.

아보셀의 첨가량이 5%일 때의 수초지를 SEM

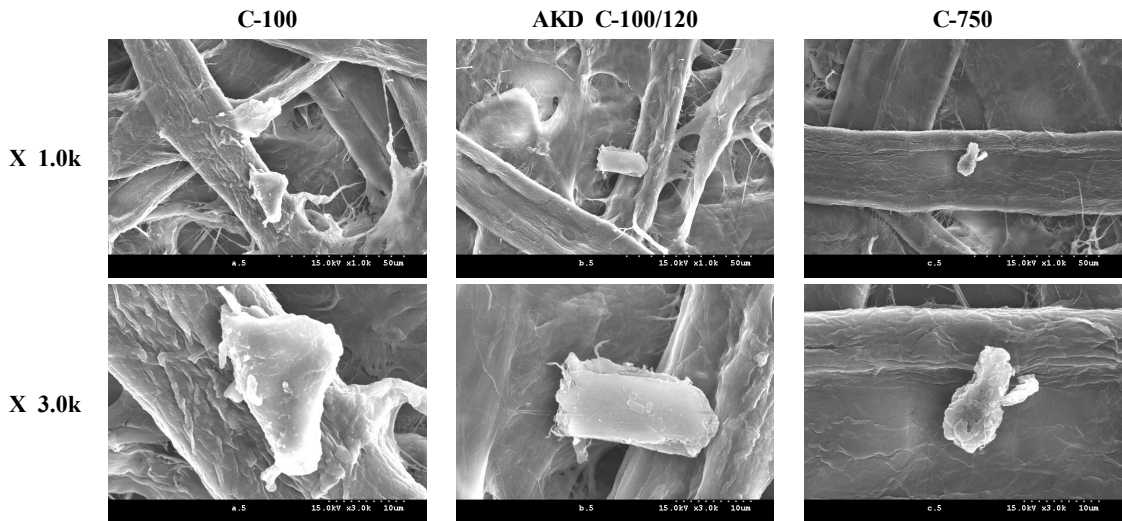


Fig. 12. SEM image of paper with Arbocel (5%).

image 분석한 결과를 Fig. 12에 나타내었다. C-100과 AKD C-100/120은 크기가 유사하고 C-750은 크기가 좀 더 작은 것으로 나타났고 C-100 및 AKD C-100/120은 펄프의 형태라기보다는 펄프가 잘게 쪼여져서 각을 이루는 상태의 삼각형, 혹은 직사각형의 형태를 띠고, C-750처럼 좀 더 미세한 펄프의 경우는 각을 이루지 않고 무정형의 형태로 존재함을 관찰 할 수 있었다. 아보셀의 경우 입자크기를 작게 해서 비표면적은 증대 되지만 고해의 특징인 마이크로 피브릴 등은 크게 관찰되지 않았다.

4. 결론

마이크로 펄프인 아보셀을 첨가한 수초지의 제조를 통한 물성 측정의 결과는 다음과 같다.

1. 마이크로 펄프의 입자 크기와 사이즈제 전처리 여부에 따라 서로 다른 drainage와 zeta potential을 나타냄을 관찰 할 수 있었다.

2. 마이크로 펄프의 첨가량에 따른 수초지의 물성 측정에 있어서 작은 고해처리 정도에도 불구하고 요구하는 강도 개선 효과를 얻을 수 있었다.

3. 종이의 투기도에 있어서 마이크로 펄프인 아보셀의 첨가는 종이의 밀도는 감소하지만 첨가량 7%일 때

충분히 원하는 투기도를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Om P Mishra, Pramod. K. Bajpai, Pratima Bajpai, Sanjay Kumer, Shree P Mishra, Use of enzymes for reduction in refining energy -laboratory studies, Tappi J. 5(11):25-32 (2006).
2. T. Lindstrom, Paper chemistry, J. C. Roberts, pp. 2-38, Chapman & Hall, Madras (1992).
3. 이학래, 이복진, 신동소, 임기표, 서영범, 원종명, 손창만, 제지과학, p. 392, 광일문화사, 서울 (2000).
4. 조중연, 민춘기, 신준섭, 지료화학, p. 251, 용인송담 대학 출판부, 용인 (2000).
5. James P. casey, Pulp and paper chemistry and chemical technology, third edition volume III, pp. 1800-1801 (1981).
6. 박종문, 2007년 18회 제지기술자 정기교육-첨유특성과 지료조성 공정에 의한 종이 특성의 변화, pp. 255-267, Korea TAPPI (2007).
7. Alexander Ozersky, The 32st international seminar on pulping and papermaking technology. Fiber-based papermaking additives AKD modified micronized cellulose, pp. 33-55, Korea TAPPI (2007).